

Rec'd PCT/PTO 01 MAR 2005
PCT/EP 02 / 14900



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

REC'D 06 MAR 2003

WIPO

PCT

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02078628.1

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

BEST AVAILABLE COPY



Anmeldung Nr:
Application no.: 02078628.1
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 04.09.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Eta SA Fabriques d'Ebauches
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen
SUISSE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se referer à la description.)

Système et procédé transmission de données par ondes acoustiques

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed /Priorité(s)
revendiquée(s)
Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H04B11/00

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

Cas 2175

RN/ert

SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE TRANSMISSION DE DONNÉES
PAR ONDES ACOUSTIQUES

La présente invention concerne de manière générale des systèmes et des procédés de transmission de données par ondes acoustiques.

Par « onde acoustique » on entendra, dans le cadre de la présente description, une onde élastique produisant un son audible ou inaudible selon sa
5 longueur ou, en d'autres termes, une onde élastique dont la longueur dans le milieu de propagation considéré correspond à une fréquence infrasonore, sonore, voire ultrasonore.

Des systèmes employant des ondes acoustiques pour la transmission de données sont déjà connus. Le document US 4,242,745 décrit par exemple une pièce
10 d'horlogerie munie d'un transducteur électroacoustique pour recevoir des données transmises par modulation d'une onde porteuse acoustique générée par un dispositif d'émission externe.

Le document US 4,320,387 décrit un dispositif portable ainsi qu'un procédé de communication de données par ondes acoustiques. Dans ce document, il est
15 notamment proposé de transmettre des données par ultrasons au moyen d'un transducteur électroacoustique. Il est en particulier proposé de transmettre les données par une technique de modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique (technique connue sous la dénomination « Frequency Shift Keying » ou FSK).

20 Les documents US 5,719,825 et US 5,848,027 décrivent tous deux un système pour l'enregistrement et le traitement de données personnelles d'un utilisateur (par exemple l'activité physique d'un athlète) comportant notamment un terminal informatique et une pièce d'horlogerie électronique susceptibles de communiquer par ondes acoustiques. Plus particulièrement, la pièce d'horlogerie est munie d'un
25 transducteur électroacoustique (un élément piézoélectrique) pour transmettre les données personnelles de l'utilisateur vers le terminal informatique, ce dernier étant lui-même pourvu d'un microphone pour la réception des ondes acoustiques générées par la pièce d'horlogerie.

Le document EP 1 075 098, au nom du présent Déposant, décrit quant à lui un
30 circuit convertisseur d'un signal acoustique ainsi qu'un procédé de communication bidirectionnelle par ondes acoustiques pour l'échange de données entre deux pièces d'horlogerie ou entre un terminal informatique et une pièce d'horlogerie.

Enfin, le document WO 2001/10064, également au nom du présent Déposant,

décrit un système de communication acoustique entre une unité portative et un terminal de communication.

Dans les deux derniers documents susmentionnés, il est notamment proposé d'utiliser l'installation audio existante (haut-parleurs et carte son) d'un terminal
5 informatique pour transmettre les données désirées vers une unité portative au moyen d'ondes acoustiques. Un avantage de cette solution réside dans le fait qu'il n'est nullement nécessaire de pourvoir le terminal informatique d'un quelconque dispositif dédié uniquement aux opérations d'émission et/ou de réception des données.

La solution typique envisagée jusqu'à maintenant pour transmettre des
10 données par voie acoustique, notamment du terminal informatique vers l'unité portative, consiste à générer une onde porteuse acoustique à une fréquence déterminée et à moduler cette onde porteuse acoustique en fonction des données à transmettre. La modulation de l'onde porteuse acoustique en fonction des données peut par exemple consister à moduler l'onde porteuse acoustique en amplitude, en
15 fréquence ou en phase selon des techniques de modulations connues.

On a toutefois pu constater que les haut-parleurs dont sont typiquement équipés les terminaux informatiques du commerce sont des dispositifs fabriqués à faibles coûts et dont les caractéristiques en termes de réponse en fréquence sont très irrégulières. Des mesures effectuées sur un échantillon de haut-parleurs disponibles
20 dans le commerce ont montré de fortes variations d'amplitude du signal en fonction de la fréquence (souvent au delà de ± 10 dB). En fait, la plupart des systèmes de haut-parleur usuellement proposés pour équiper des ordinateurs personnels ne sont pas destinés à permettre la restitution haute-fidélité de sons, et leur courbe de réponse est donc très accidentée. Cette courbe de réponse accidentée est essentiellement due au
25 fait que l'impédance acoustique de l'enceinte varie rapidement avec la fréquence et présente des extrema très marqués aux fréquences propres, d'où des pics et des creux dans la courbe de réponse du système. On a également pu noter que ce problème de distorsion d'amplitude s'aggrave lorsque la distance entre le haut-parleur et l'unité portative est courte.

30 Un inconvénient lié à l'utilisation de systèmes haut-parleurs existants réside donc dans le fait qu'il n'est pas possible d'assurer une haute fiabilité de transmission des données par ondes acoustiques, la fréquence de l'onde porteuse acoustique pouvant éventuellement coïncider avec un pic ou un creux dans la réponse en fréquence du haut-parleur utilisé, et ce quelque soit la technique de modulation
35 utilisée pour transmettre les données.

Une solution permettant d'augmenter la fiabilité de transmission d'un tel système de transmission de données par ondes acoustiques doit donc être

recherchée. Le but de la présente invention est de proposer une telle solution.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission et un dispositif de réception dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 1.

- 5 La présente invention a également pour objet un système de transmission de données par ondes acoustiques pour la mise en œuvre de ce procédé de transmission et dont les caractéristiques sont énoncées dans la revendication 9.

Des modes de réalisation avantageux de la présente invention font l'objet des revendications dépendantes.

- 10 Selon l'invention, la fréquence de l'onde porteuse acoustique est ainsi variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée située dans la bande-passante commune aux premier et second transducteurs électroacoustiques équipant respectivement les dispositifs d'émission et de réception. De la sorte, on assure que la fréquence de l'onde porteuse acoustique
15 transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence du premier ou du second transducteur électroacoustique.

- La transmission des données est assurée par une modulation adéquate de l'onde porteuse acoustique (en particulier une modulation en amplitude) à laquelle s'ajoute une modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique qui a pour but
20 essentiel d'élargir le spectre de fréquence d'émission du signal acoustique dans la bande-passante du dispositif d'émission et/ou de réception. En variant de la sorte la fréquence de l'onde porteuse acoustique, on assure que la fréquence du signal transmis ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux dans la réponse en fréquence du système acoustique utilisé. Selon l'invention, on comprendra ainsi que
25 deux modulations de l'onde porteuse acoustique sont superposées, l'une pour transmettre les données et l'autre, en l'occurrence une variation ou une modulation en fréquence de l'onde porteuse acoustique, pour assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique.

- Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux de la présente
30 invention, qui a montré une efficacité particulière, la fréquence de l'onde porteuse acoustique générée par le transducteur acoustique du dispositif d'émission est variée selon une technique de modulation de fréquence à un ou plusieurs signaux modulants. On a pu constater que l'utilisation de cette solution conduisait à une fiabilité très élevée de transmission des données.

- 35 Selon un mode de réalisation du système de transmission de données, il est également prévu de mémoriser l'onde porteuse acoustique sous la forme d'une succession d'échantillons stockés dans une table. La génération de l'onde porteuse

acoustique modulée est de la sorte grandement simplifiée en ce sens qu'il suffit de consulter la table et générer l'onde porteuse acoustique sur la base de la succession d'échantillons mémorisés. Il n'est donc pas nécessaire de pourvoir le système d'émission de moyens électroniques dédiés. Il suffit en effet de prévoir une simple application informatique (ou « plug-in ») pour mettre en œuvre l'invention sur un terminal informatique.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit de divers modes de réalisation de l'invention donnés uniquement à titre d'exemple non limitatif et illustrés par les dessins annexés où :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un système de communication de données par ondes acoustiques entre un terminal informatique et une unité portable, telle une montre ;
 - la figure 2 est un diagramme temporel d'une onde porteuse acoustique générée selon un premier mode de mise en œuvre de l'invention où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée sensiblement linéairement sur une gamme de fréquences déterminée ;
 - la figure 3 est un diagramme temporel d'une onde porteuse acoustique générée selon un autre mode de mise en œuvre de l'invention où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation en fréquence à deux signaux modulants ;
 - la figure 4 est une illustration schématique du spectre de fréquence résultant de l'émission continue de l'onde porteuse acoustique selon le mode de mise en œuvre de la figure 3 ;
 - la figure 5 est une illustration schématique de la transmission d'une séquence de bits déterminée par modulation en amplitude de l'onde porteuse acoustique modulée en fréquence selon le mode de mise en œuvre de la figure 3 ; et
 - la figure 6 est une illustration schématique d'une succession d'échantillons définissant l'onde porteuse acoustique de la figure 3 sur la durée d'émission d'un bit.
- La figure 1 illustre sous forme schématique un système de communication de données par ondes acoustique entre un terminal informatique et une unité portable, désignés globalement par les références numériques 2 et 1 respectivement. L'unité portable 1 peut par exemple et avantageusement se présenter sous la forme d'une montre-bracelet pouvant être portée au poignet d'un utilisateur.
- Le terminal informatique 2 peut être un ordinateur personnel, ou PC, du commerce comprenant des moyens d'émission de signaux acoustiques portant de l'information. Dans l'exemple schématique représenté à la figure 1, ces moyens se

- 5 -

présentent typiquement sous la forme d'une carte son 24 disposée à l'intérieur de l'ordinateur personnel, d'un ou plusieurs haut-parleurs 26 et d'un microphone 28.

On rappellera qu'un avantage du système illustré dans la figure 1 réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire de modifier la structure du terminal informatique ou de
5 lui adjoindre des éléments d'émission propres au type de liaison sans fil utilisée. Il suffit, pour pouvoir mettre en œuvre l'invention, d'introduire dans l'ordinateur un programme lui permettant de moduler le signal acoustique de façon à ce que ce signal puisse ensuite être convenablement décodé par l'unité portable 1.

Lorsque le terminal informatique 2 émet un signal acoustique portant une
10 information au moyen de son ou ses haut-parleurs 26, ce signal est aussitôt capté par les moyens de réception de l'unité portable 1. Ces moyens de réception sont formés par un transducteur électroacoustique réversible 18 qui joue le rôle à la fois d'un microphone (ou récepteur acoustique) et d'un haut-parleur (ou émetteur acoustique). En mode de réception, ce transducteur électroacoustique 18 transforme le signal
15 acoustique incident en un signal électrique qui est ensuite converti, par des moyens de conversion de l'unité portable 1, en données destinées à être traitées par des moyens de traitement de cette unité afin d'en extraire l'information utile portée par le signal acoustique. Dans l'exemple représenté à la figure 1, les moyens de conversion de l'unité portable 1 comprennent un amplificateur 10 du signal électrique produit par
20 le transducteur électroacoustique 18 et un circuit de démodulation (ou démodulateur) 12 relié à l'amplificateur de signal et destiné à démoduler le signal reçu et à transmettre le signal ainsi démodulé sur une entrée d'un microcontrôleur 14 constituant les moyens de traitement de l'unité portable. L'information portée par le signal acoustique émis par le terminal informatique 2, démodulée par le démodulateur
25 12 et traitée par le microcontrôleur 14, peut être stockée dans une mémoire 16 de l'unité portable 1 et/ou affichée sur un dispositif d'affichage 15 par exemple à cristaux liquides. Une batterie 11, éventuellement rechargeable, alimente l'unité portable 1 en énergie électrique.

Dans l'optique d'émettre des données par voie acoustique au moyen de l'unité
30 portable, cette dernière est en outre équipée de moyens de conversion et d'émission pour convertir des données fournies par les moyens de traitement de l'unité portable en un signal acoustique modulé et émettre ce signal. Comme représenté à la figure 1, ces moyens de conversion comprennent un circuit de modulation (ou modulateur) 13 qui attaque, via un circuit d'entraînement 17, les moyens d'émission, à savoir le
35 transducteur électroacoustique 18. Les moyens de traitement de l'unité portable 1, c'est-à-dire le microcontrôleur 14, effectuent la commande du circuit de modulation 13 en fonction des données à transmettre typiquement stockées dans la mémoire 16 de

l'unité portative 1.

On ne décrira pas ici la structure détaillée du transducteur électroacoustique et des moyens de traitement et de conversion associés. On pourra par exemple se référer aux documents EP 1 075 098 et WO 2001/10064 cités en préambule et qui
5 sont incorporés ici par référence. Dans ces documents, il est notamment proposé de modifier un circuit générateur de sons, utilisé classiquement pour générer des alarmes, en un circuit de conversion réversible susceptible de convertir un signal acoustique modulé en un signal électrique et inversement.

Il convient de noter que le système de communication illustré dans la figure 1
10 est agencé pour assurer une communication bidirectionnelle entre le terminal informatique et l'unité portative, le ou les haut-parleurs 26 étant utilisés pour transmettre de données de l'ordinateur personnel 2 vers l'unité portative 1, le microphone 28 étant quant à lui utilisé pour recevoir des données transmises par l'unité portative 1. Dans la suite de la description, on s'intéressera plus
15 particulièrement au transfert de données du terminal informatique 2 vers l'unité portative 1.

Comme mentionné en préambule, un inconvénient des solutions antérieures réside dans le fait que la fréquence de l'onde porteuse acoustique utilisée pour transmettre les données peut coïncider avec un creux ou un pic de la réponse en
20 fréquence du haut-parleur utilisé. Ce problème se pose quelque soit le type de modulation utilisé pour coder l'information. Dans le cas d'une modulation d'amplitude, l'information est codée au moyen d'une variation de l'amplitude de l'onde porteuse acoustique, cette dernière étant transmise à une fréquence déterminée qui peut donc coïncider avec une irrégularité dans la réponse en fréquence du haut-parleur. Il en va
25 de même avec la modulation de phase où l'information est codée par une variation de la phase du signal. Enfin, dans le cas d'une modulation en fréquence où l'information est codée par une variation de la fréquence de l'onde porteuse acoustique, la fréquence de l'onde porteuse acoustique modulée peut au moins partiellement coïncider avec une irrégularité dans la réponse en fréquence du haut-parleur, et une
30 partie des données être en conséquence perdue.

Selon l'invention, on choisit toutefois d'introduire une forte diversité spectrale dans l'onde porteuse acoustique en faisant varier la fréquence de cette onde porteuse dans une gamme de fréquences déterminées dans la bande-passante commune au transducteur électroacoustique du haut-parleur et au transducteur électroacoustique
35 de l'unité portative. Les données à transmettre sont transmises par une modulation adéquate de l'onde porteuse acoustique elle-même modulée en fréquence. Le choix de la modulation utilisée pour transmettre les données est dicté par la condition selon

- 7 -

laquelle les deux modulations (la modulation utilisée pour transmettre les données et la modulation en fréquence adoptée pour assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique) ne doivent pas ou peu interférer.

La solution la plus simple est de faire appel à une technique de modulation en amplitude de l'onde porteuse acoustique pour transmettre les données en sus de la modulation en fréquence de cette onde porteuse acoustique. Dans ce cas, on notera qu'il convient cependant de choisir des paramètres de modulation en fréquence assurant, d'une part, comme déjà mentionné, une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique, et, d'autre part, que l'enveloppe du signal acoustique soit affectée au minimum.

Une alternative à la modulation d'amplitude pourrait être une modulation de fréquence. On notera dans ce cas que le décodage de l'information devient plus complexe car la modulation de fréquence utilisée pour transmettre les données se superpose à la modulation de fréquence utilisée pour étaler le spectre de fréquence dans la bande passante utile. Dans ce cas, un démodulateur de type I/Q (avec signaux en quadrature de phase) permettrait de discriminer la phase ou la fréquence de l'onde porteuse.

Dans la suite de la description, on admettra par simplification que les données sont transmises par modulation de l'amplitude de l'onde porteuse acoustique. Plus spécifiquement, on partira du principe que l'onde porteuse acoustique a un niveau d'amplitude déterminé non nul sur la durée d'émission d'un bit lorsque la valeur de ce bit équivaut à un premier niveau logique (par exemple « 1 »), et a un niveau d'amplitude nul sur la durée d'émission d'un bit lorsque la valeur de ce bit équivaut au second niveau logique (par exemple « 0 »). On peut par exemple se référer à la figure 5 qui montre un diagramme d'émission d'une séquence de bits adoptant la technique susmentionnée.

On notera qu'il s'agit ici d'un mode de modulation en amplitude spécifique et que d'autres modes de modulation en amplitude peuvent parfaitement être envisagés, par exemple un mode de modulation où un bit à « 1 » est transmis sous la forme d'une succession de deux demi-périodes où l'amplitude de l'onde porteuse acoustique est tout d'abord non-nulle puis nulle et où un bit à « 0 » est transmis sous la forme d'une succession de deux demi-périodes où l'amplitude de l'onde porteuse acoustique est, à l'inverse, nulle puis non-nulle.

La solution pour assurer une grande diversité spectrale du signal acoustique dans une gamme de fréquences déterminée consiste à varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique dans la bande-passante utile, c'est-à-dire la bande-passante commune au transducteur électroacoustique équipant le haut-parleur et au

- 8 -

transducteur électroacoustique équipant l'unité portable. A titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, on a pu définir que la bande-passante utile du système correspondait à une gamme de fréquences allant approximativement de 2'700 Hz à 4'000 - 4'500 Hz (soit une bande-passante de l'ordre de 1.5 kHz), cette bande-

5 passante étant essentiellement déterminée par les caractéristiques du transducteur électroacoustique employé dans l'unité portable et par la construction de cette unité portable.

Une première solution envisageable consiste à varier la fréquence de manière sensiblement linéaire dans la bande utile. Dans ce cas, l'onde porteuse acoustique

10 peut être exprimée sous la forme analytique suivante :

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot (f_0 + \Delta f \cdot (t/T_{\text{bit}})) \cdot t + \alpha) \quad (1)$$

où f_0 est la fréquence à laquelle doit débiter le balayage en fréquence, Δf correspond

15 à la moitié de la bande de fréquence sur laquelle le balayage doit être effectué, T_{bit} est la durée d'émission d'un bit, et α est un déphasage adéquat permettant d'assurer la continuité de l'onde porteuse acoustique d'un bit à un autre (ce déphasage peut être négligé le cas échéant). Ce déphasage α peut être exprimé de la manière suivante :

20

$$\alpha = (2\pi \cdot (f_0 + \Delta f) \cdot T_{\text{bit}}) \cdot (N - 1) \quad (2)$$

où N correspond au $N^{\text{ème}}$ bit considéré.

Une représentation de l'onde porteuse acoustique selon l'expression (1) ci-

25 dessus est présentée à la figure 2. Dans cette figure, on a choisi arbitrairement une période d'émission de bit équivalant à environ 7,8 ms et des paramètres f_0 et Δf valant respectivement 3'000 et 1'000 Hz. Dans cette représentation, on notera que la phase α du signal est également ajustée d'un bit au suivant.

Une analyse spectrale de l'onde porteuse acoustique générée selon le principe

30 ci-dessus montre que la gamme de fréquences sur laquelle l'onde porteuse acoustique est générée s'étend essentiellement de la fréquence f_0 sélectionnée sur une largeur de bande équivalant à $2 \cdot \Delta f$. Dans l'exemple numérique mentionné ci-dessus où f_0 et Δf valent respectivement 3'000 et 1'000 Hz, le spectre de l'onde porteuse acoustique générée s'étend ainsi essentiellement dans une bande de

35 fréquences comprise entre 3'000 et 5'000 Hz.

Une solution alternative à la solution consistant à varier linéairement la fréquence de l'onde porteuse acoustique sur une gamme de fréquence déterminée

- 9 -

consiste à varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique selon une technique de modulation en fréquence à un ou plusieurs signaux modulants. Dans le cas d'une modulation en fréquence à deux signaux modulants, l'onde porteuse acoustique peut être exprimée sous la forme analytique suivante :

5

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \Delta 1 / f_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \Delta 2 / f_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t)) \quad (3)$$

où f_0 est la fréquence centrale de l'onde porteuse acoustique, f_1 et $\Delta 1$ sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du premier signal modulant et f_2 et $\Delta 2$ sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du second signal modulant. Comme précédemment, en référence à l'expression (1), il est envisageable d'inclure en outre, dans la définition de l'onde porteuse acoustique susmentionnée, une valeur de déphasage ajustée pour assurer la continuité de l'onde porteuse acoustique d'un bit à un autre, ce paramètre n'étant toutefois pas nécessaire.

15 Une représentation de l'onde porteuse acoustique selon l'expression (3) ci-dessus est présentée à la figure 3. Dans cette figure, on a à nouveau choisi une période d'émission de bit T_{bit} équivalant à environ 7,8 ms. Les paramètres f_0 , f_1 , $\Delta 1$, f_2 et $\Delta 2$ valant dans cet exemple respectivement 3'331, 1'000, 200, 600 et 120 Hz. On notera que le choix des paramètres f_0 , f_1 , $\Delta 1$, f_2 et $\Delta 2$ est dicté par certaines
20 contraintes. La fréquence centrale f_0 est ainsi définie en fonction de la bande-passante utile du système et se situe sensiblement au milieu de cette bande-passante utile. Les paramètres de modulation f_1 , $\Delta 1$, f_2 et $\Delta 2$ sont choisis, quant à eux, en fonction de la durée d'émission d'un bit T_{bit} et de la largeur de la bande-passante utile du système, la contrainte essentielle étant d'assurer une diversité spectrale suffisante
25 de l'onde porteuse acoustique dans la bande-passante utile.

Le choix des paramètres f_0 , f_1 , f_2 , $\Delta 1$ et $\Delta 2$ permet de jouer sur la largeur de bande du spectre de fréquence de l'onde porteuse acoustique, ainsi que sur le nombre et la position des pics de fréquence de l'onde porteuse acoustique. A titre d'exemple illustratif, la figure 4 montre le spectre résultant d'une répétition continue de
30 l'onde porteuse acoustique de la figure 3, où la période de répétition est de 7,8 ms. On peut notamment noter un pic de fréquence à la fréquence centrale de 3'331 Hz et des pics additionnels à 2'331 Hz, 2'731 Hz, 3'931 Hz et 4'331 Hz ainsi que d'autres pics de fréquence d'intensité plus faible.

D'un point de vue qualitatif, on a pu constater que la seconde solution
35 susmentionnée où l'onde porteuse acoustique est modulée par un ou plusieurs signaux modulants donne de meilleurs résultats. Dans la mesure où les données sont transmises par modulation d'amplitude de l'onde porteuse acoustique, on notera que

la modulation de la fréquence de l'onde porteuse acoustique qui est adoptée doit être telle que l'enveloppe de cette onde porteuse acoustique reste sensiblement constante (c'est-à-dire reste sensiblement non affectée) pour un niveau d'amplitude de modulation donné, ceci de manière à ne pas perturber, ou perturber au minimum, la

5 transmission des données.

Dans l'optique d'une implémentation de l'invention sur un terminal informatique équipé d'un ou plusieurs haut-parleurs, il sera avantageux (notamment dans l'optique de limiter la charge de calcul pour le terminal informatique) de mémoriser l'onde porteuse acoustique sous la forme d'une succession d'échantillons prédéterminés. En

10 particulier, il conviendra de mémoriser une succession d'échantillons représentatifs de l'onde porteuse acoustique sur la durée d'un bit, par exemple sous la forme d'une table stockée dans la mémoire du terminal informatique. Pour générer l'onde acoustique, il suffit alors de consulter cette table mémorisée pour générer la portion

15 de l'onde porteuse acoustique correspondant à la durée d'émission d'un bit et de répéter cette opération pour chaque bit à transmettre. Cette onde porteuse acoustique est ensuite modulée en fonction des données à transmettre. Dans le cas particulier où les données sont transmises par modulation en amplitude selon le principe mentionné plus haut en référence à la figure 5, on comprendra que l'onde porteuse acoustique n'est à proprement parler générée que lorsqu'il est nécessaire de transmettre un bit à

20 « 1 », l'amplitude de l'onde porteuse acoustique étant nulle lors de la transmission d'un bit à « 0 ».

On notera qu'une fréquence d'échantillonnage typiquement adoptée pour l'échantillonnage de signaux audio sur ordinateurs personnels vaut 44'100 Hz. Pour une durée d'émission de bit Tbit d'environ 7,8 ms, prise ici à titre d'exemple, l'onde

25 porteuse acoustique peut ainsi être représentée par un ensemble de 344 échantillons successifs. La figure 6 est une représentation, sur une durée d'émission d'un bit, de l'onde porteuse acoustique de la figure 3 échantillonnée à 44'100 Hz.

On comprendra de manière générale que diverses modifications et/ou améliorations évidentes pour l'homme du métier peuvent être apportées aux modes

30 de réalisation décrits dans la présente description sans sortir du cadre de l'invention défini par les revendications annexées. En particulier, la présente invention n'est pas limitée aux deux modes de mise en œuvre décrits ci-dessus, où la fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée de manière sensiblement linéaire ou selon un technique de modulation de fréquence à plusieurs signaux modulateurs. Toute autre

35 modulation adéquate permettant de faire varier la fréquence de l'onde porteuse acoustique pourrait être adoptée, pour autant que cette modulation permette d'assurer une diversité spectrale suffisante de l'onde porteuse acoustique dans la

bande-passante désirée.

Enfin, la présente invention n'est pas limitée à la mise en œuvre du procédé proposé dans un système comportant au moins un terminal informatique et une unité portable. Le procédé de transmission proposé s'applique dans tout système de transmission de données par ondes acoustiques où le transducteur électroacoustique équipant le dispositif d'émission présente une réponse en fréquence accidentée. De même, le même principe peut être adopté pour éviter que la fréquence de l'onde porteuse acoustique coïncide avec une irrégularité de la réponse en fréquence du transducteur électroacoustique utilisé dans le récepteur (par exemple le microphone du terminal informatique). Le procédé de transmission proposé pourrait ainsi être mis en œuvre dans l'unité portable pour améliorer la fiabilité de transmission des données de l'unité portable vers le terminal informatique.

D'autre part, la configuration de l'unité portable illustrée dans la figure 1 fait appel à un transducteur électroacoustique réversible. On comprendra aisément que deux transducteurs électroacoustiques dédiés respectivement à l'émission et à la réception de données pourraient être utilisés. Enfin, la présente invention s'applique également dans le cas d'un système de transmission de données unidirectionnel.

REVENDECATIONS

1. Procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission (2) et un dispositif de réception (1),
ledit dispositif d'émission (2) étant muni d'un premier transducteur électroacoustique (26) pour transmettre une onde porteuse acoustique à au moins
5 une fréquence et de moyens pour moduler ladite onde porteuse acoustique en fonction de données à transmettre,
ledit dispositif de réception (1) étant muni d'un second transducteur électroacoustique (18) pour recevoir ladite onde porteuse acoustique modulée par le
10 dispositif d'émission et de moyens pour démoduler ladite onde porteuse acoustique et en extraire les données transmises,
lesdits premier et second transducteurs électroacoustiques (26, 18) présentant chacun une bande-passante déterminée et une caractéristique de réponse en fréquence déterminée,
caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est
15 variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée située dans la bande-passante commune aux dits premier et second transducteurs électroacoustiques (26, 18), de sorte que la fréquence de l'onde porteuse acoustique transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence dudit premier ou dudit second
20 transducteur électroacoustique.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de modulation du dispositif d'émission sont des moyens de modulation en amplitude et en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée de sorte que l'enveloppe de cette onde porteuse acoustique reste sensiblement constante pour un
25 niveau d'amplitude de modulation donné.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée sensiblement linéairement sur ladite gamme de fréquences déterminée.
4. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la
30 fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation de fréquence à un ou plusieurs signaux modulants.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fréquence de ladite onde porteuse acoustique est variée selon une technique de modulation de fréquence à deux signaux modulants et présente une forme du type défini par la
35 relation suivante :

$$\text{CARRIER}(t) = \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t + \Delta 1 / f_1 \sin(2\pi \cdot f_1 \cdot t) + \Delta 2 / f_2 \sin(2\pi \cdot f_2 \cdot t)) \quad (3)$$

où CARRIER(t) est l'expression de ladite onde porteuse acoustique en fonction du
5 temps, f_0 est la fréquence centrale de ladite onde porteuse acoustique, f_1 et $\Delta 1$ sont
respectivement la fréquence et la déviation maximale du premier signal modulant et f_2
et $\Delta 2$ sont respectivement la fréquence et la déviation maximale du second signal
modulant.

6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que ladite onde
10 porteuse acoustique est une onde acoustique présentant une fréquence centrale de
l'ordre de 3'000 à 3'500 Hz modulée en fréquence par lesdits signaux modulants.

7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que les données à
transmettre sont une succession de bits transmis par modulation en amplitude de
ladite onde porteuse acoustique entre des premiers et seconds niveaux d'amplitude
15 déterminés, et en ce que les paramètres de modulation en fréquence de ladite onde
porteuse acoustique sont sélectionnés de sorte que le spectre de fréquence de l'onde
porteuse acoustique résultant de ladite modulation en fréquence couvre sensiblement
toute la bande-passante commune aux dispositifs d'émission et de réception.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
20 caractérisé en ce que ladite onde porteuse acoustique est mémorisée dans ledit
dispositif d'émission sous la forme d'une succession d'échantillons stockés dans une
table.

9. Système de transmission de données par ondes acoustiques pour la
mise en œuvre du procédé de transmission selon l'une quelconque des
25 revendications précédentes, caractérisé en ce que ce système comporte :

- un terminal informatique (2) associé à au moins un dispositif d'émission
acoustique (26) équipé d'un premier transducteur électroacoustique pour transmettre
ladite onde porteuse acoustique; et
- au moins un dispositif portable (1) muni d'un dispositif de réception
30 acoustique (18) équipé d'un second transducteur électroacoustique pour recevoir
ladite onde porteuse acoustique.

10. Système de transmission de données selon la revendication 9, où ladite
onde porteuse acoustique est mémorisée dans ledit terminal informatique (2) sous la
forme d'une succession d'échantillons stockés dans une table, caractérisé en ce que
35 ledit terminal informatique comporte des moyens logiciels pour :

- consulter ladite table ;
- générer une onde porteuse acoustique sur la base de ladite succession

d'échantillons ; et

- moduler l'onde porteuse acoustique en fonction des données à transmettre.

ABREGESYSTEME ET PROCÉDÉ DE TRANSMISSION DE DONNÉES
PAR ONDES ACOUSTIQUES

Il est décrit un procédé de transmission de données par ondes acoustiques entre un dispositif d'émission (2) et un dispositif de réception (1), le dispositif d'émission étant muni d'un premier transducteur électroacoustique (26) pour transmettre une onde porteuse acoustique à au moins une fréquence et de moyens pour moduler l'onde porteuse acoustique en fonction de données à transmettre, et le dispositif de réception étant muni d'un second transducteur électroacoustique (18) pour recevoir l'onde porteuse acoustique modulée par le dispositif d'émission et de moyens pour démoduler l'onde porteuse acoustique et en extraire les données transmises. Les premier et second transducteurs électroacoustiques présentent chacun une bande-passante et une caractéristique de réponse en fréquence déterminées. La fréquence de l'onde porteuse acoustique est variée, durant une période de temps déterminée, pour balayer une gamme de fréquences déterminée dans la bande-passante commune aux premier et second transducteurs électroacoustiques, de sorte que la fréquence de l'onde porteuse acoustique transmise ne coïncide pas en tout temps avec un pic ou un creux de la caractéristique de réponse en fréquence du premier ou du second transducteur électroacoustique.

Il est également décrit un système de transmission de données pour la mise en œuvre du procédé ci-dessus.

20 Figure 1

1 / 6

Fig. 1

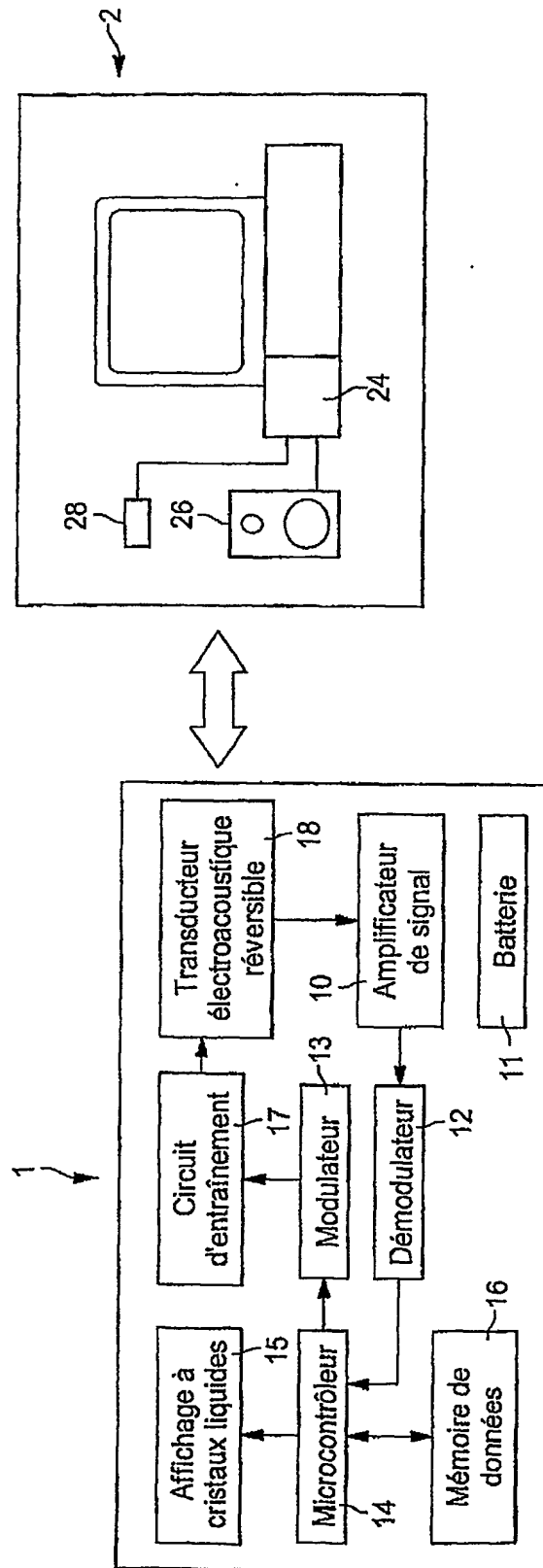


Fig. 2

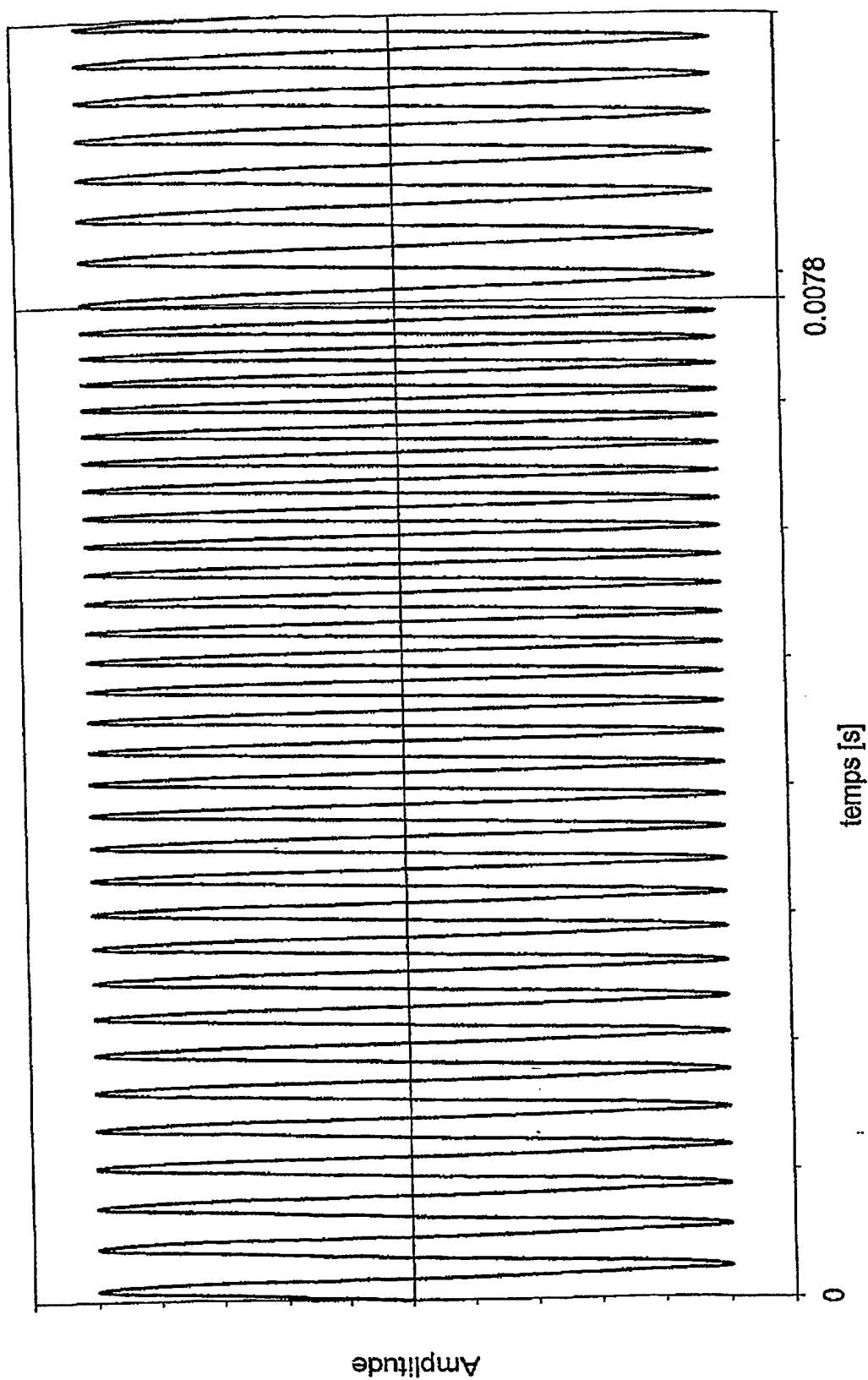
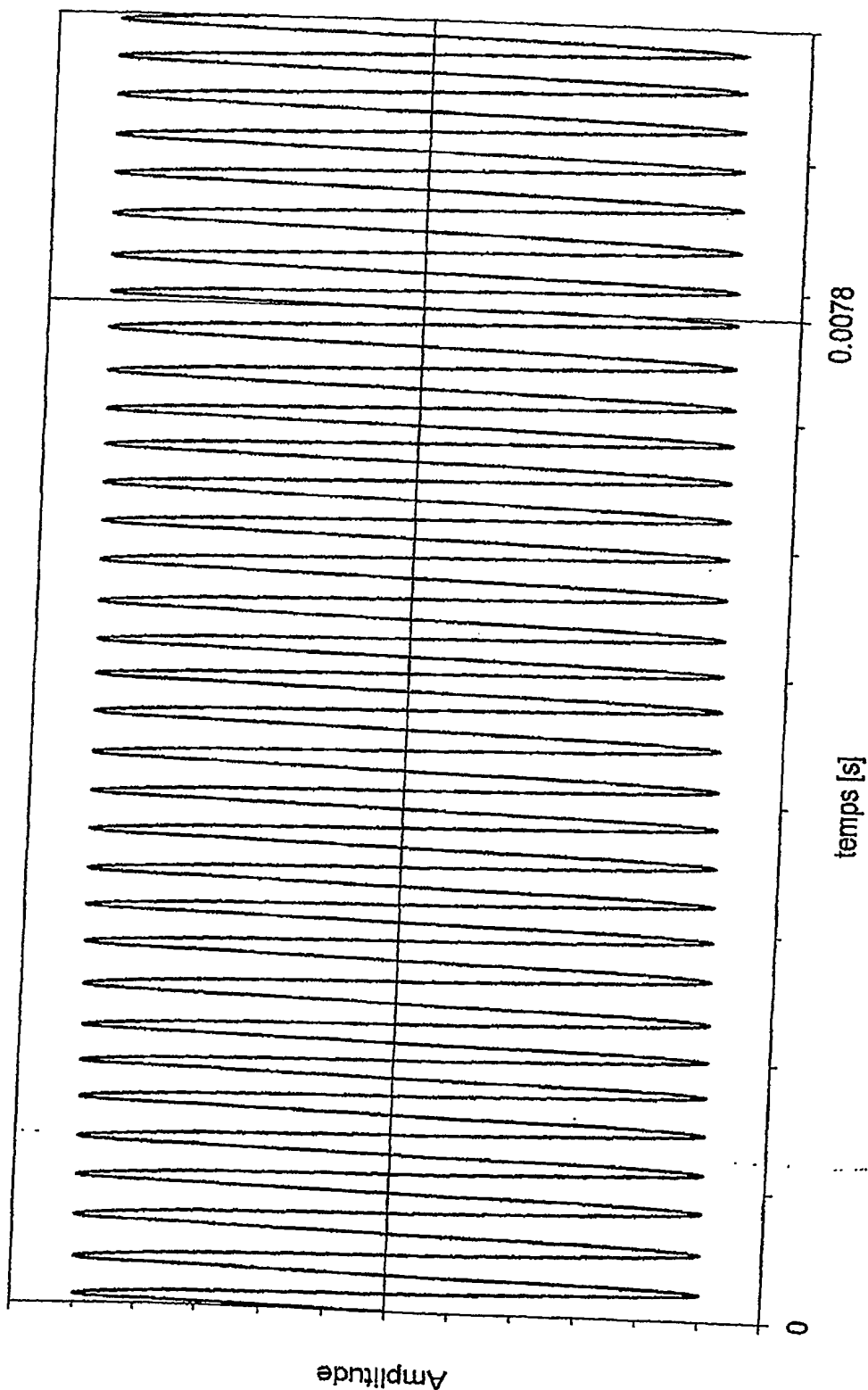
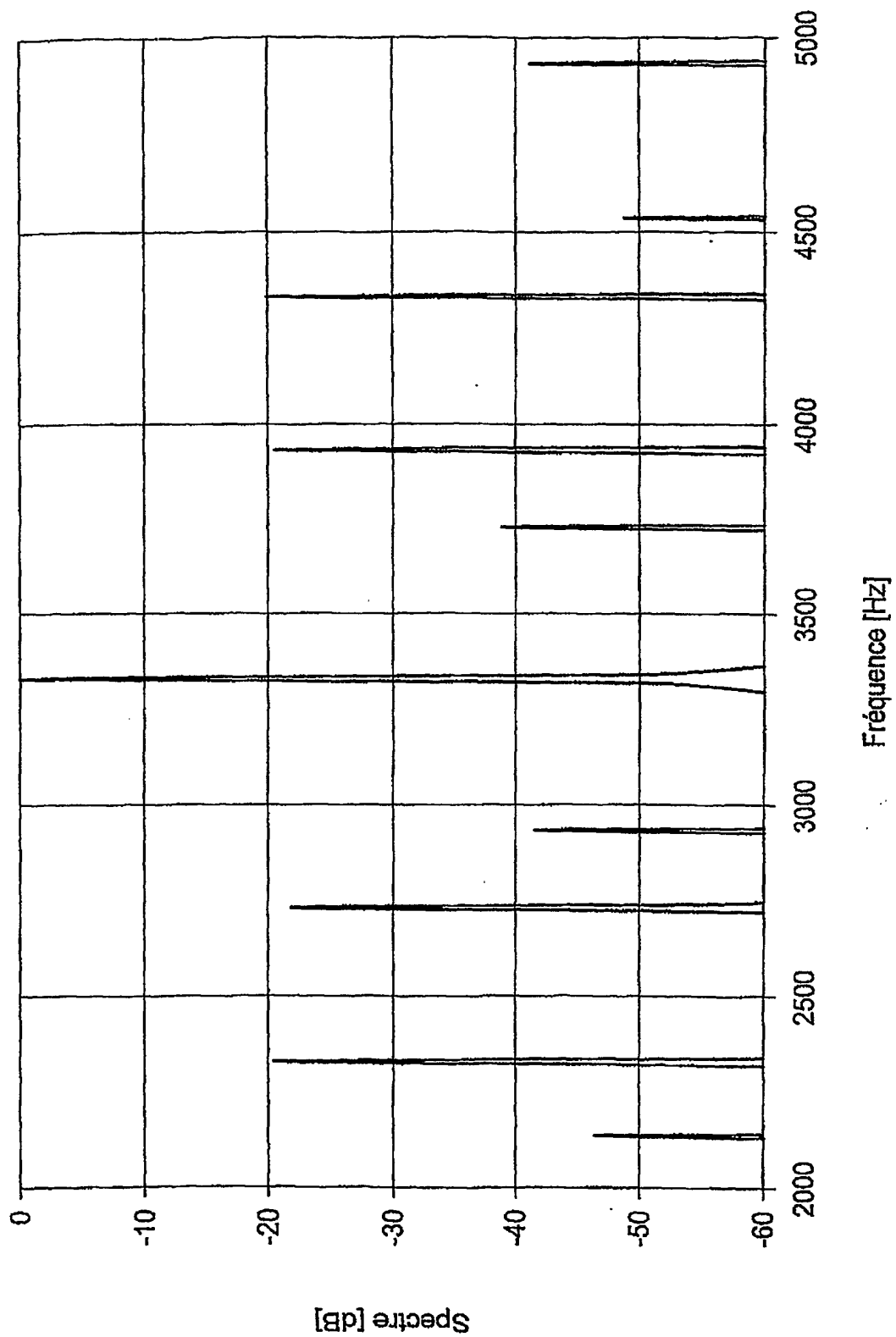


Fig. 3

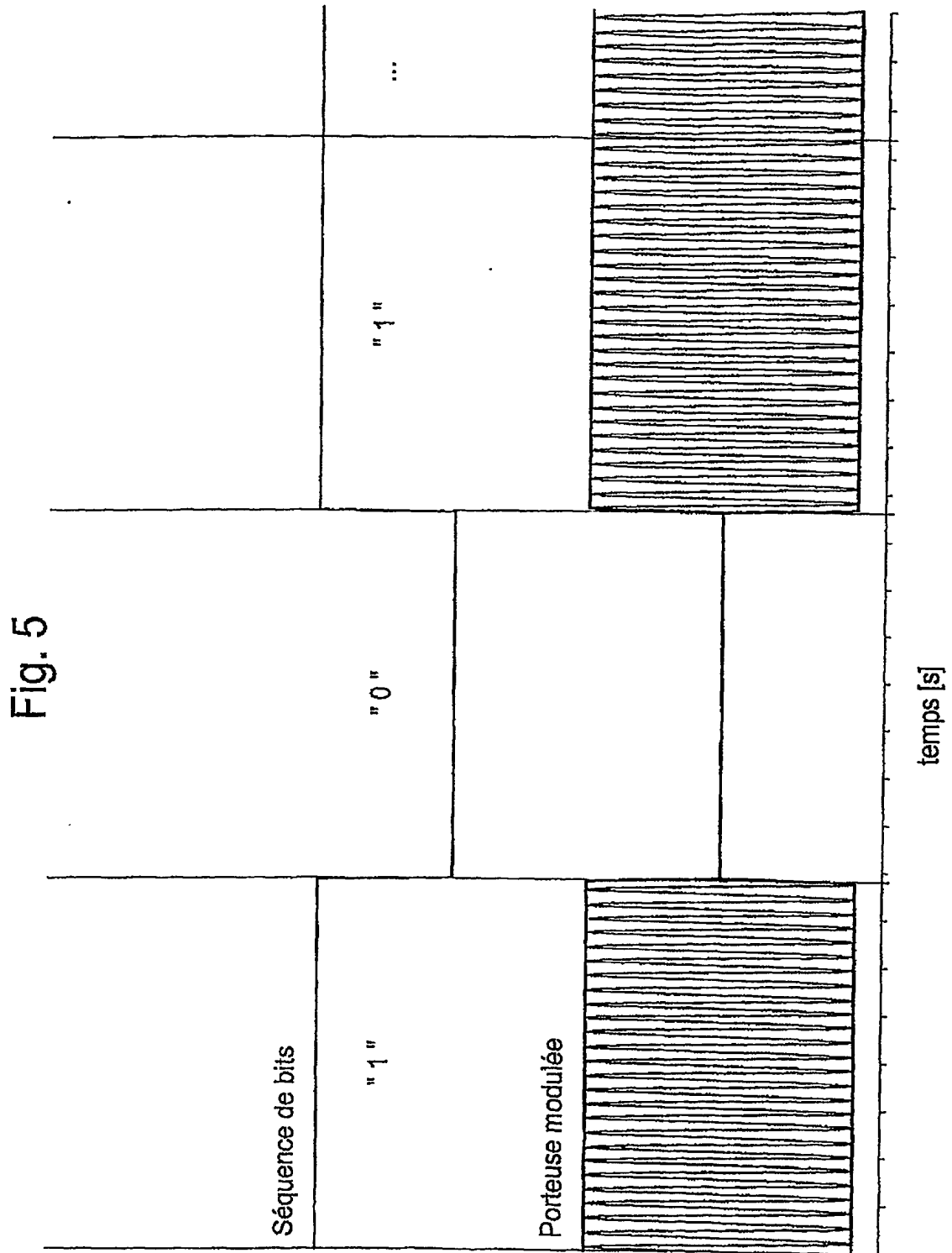


4 / 6

Fig. 4



5 / 6



6 / 6

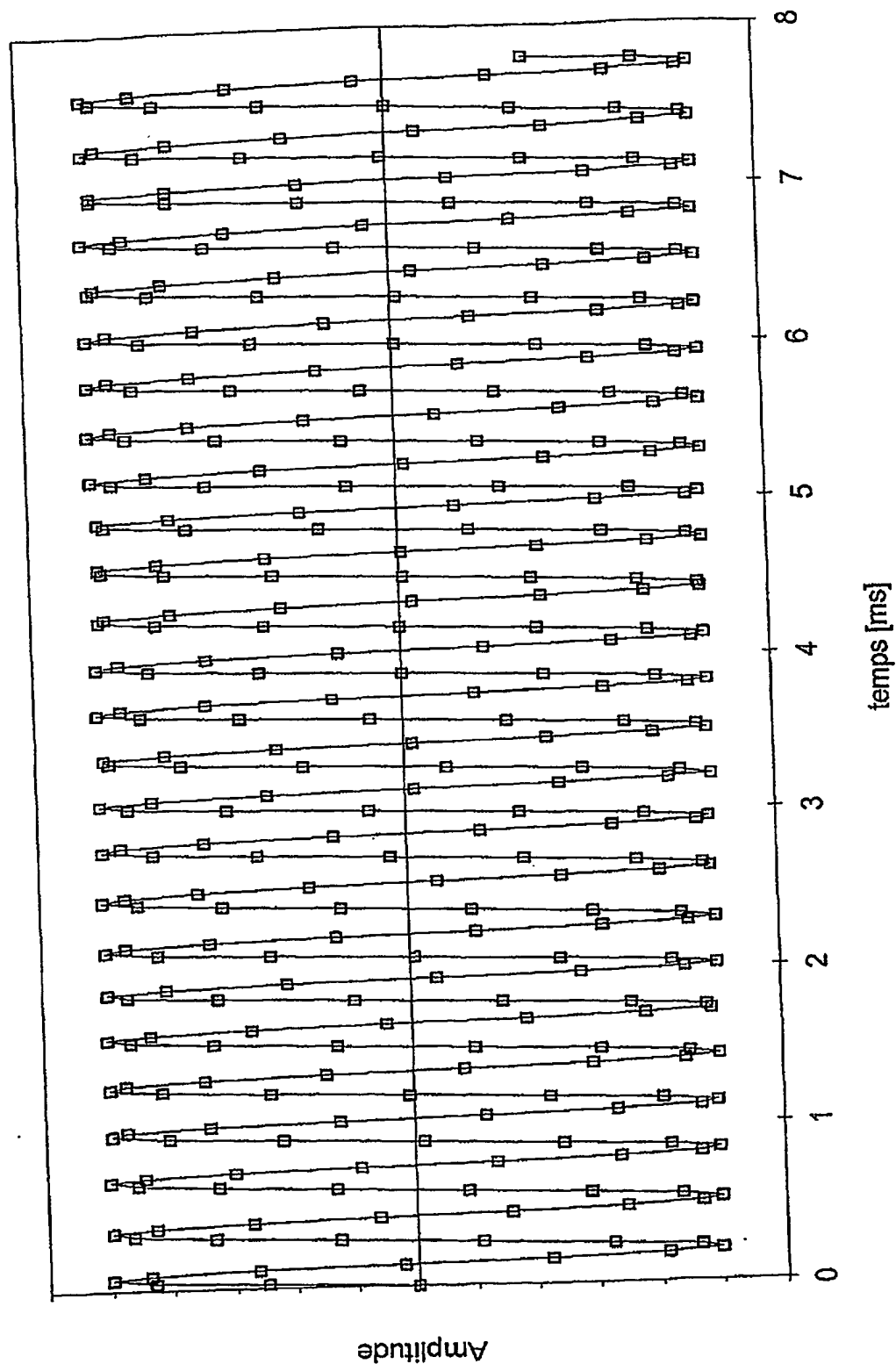


Fig. 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.